

**ОТЗЫВ официального оппонента**  
**на диссертацию на соискание ученой степени**  
**кандидата биологических наук Ершова Вячеслава Вячеславовича**  
**на тему: «Фитогенное варьирование состава атмосферных выпадений и**  
**почвенных вод северотаежных лесов в условиях аэротехногенного**  
**загрязнения»**  
**по специальности 1.5.15. Экология**

Работа Вячеслава Вячеславовича Ершова посвящена оценке пространственно-временной изменчивости состава атмосферных и почвенных вод в еловых и сосновых лесах на северном пределе их распространения в условиях аэротехногенного загрязнения на основе данных многолетнего мониторинга. Это актуальная, интересная и сложная задача, поскольку формирование химического состава атмосферных и почвенных вод происходит под воздействием множества природных и антропогенных факторов. Это климатические и метеорологические условия Субарктики, это растительный покров, это состав и свойства почв и, наконец, это мощное антропогенное воздействие. Все эти факторы обуславливают сильную изменчивость состава атмосферных и почвенных вод в пространстве и во времени, затрудняют оценку их реакции на атмосферное загрязнение, использование их в целях диагностики и мониторинга. Исследованию химического состава атмосферных и почвенных вод посвящен ряд работ, проведенных в течение последних десятилетий учеными Кольского научного центра РАН, другими отечественными и зарубежными учеными, однако, столь долговременные исследования уникальны. Автором вскрыты основные закономерности формирования состава атмосферных и почвенных вод в лесных экосистемах и особенности его трансформации под воздействием атмосферного загрязнения в крупном индустриальном регионе. Несомненный интерес представляет отклик состава атмосферных и

почвенных вод на сокращение выбросов комбинатом «Североникель», происходящее последние годы.

Поэтому исследование Вячеслава Вячеславовича, несомненно, актуально как с научной, так и с прикладной точек зрения. Проведенную им работу можно смело отнести к современным комплексным исследованиям в области экологии, выполненным в лучших традициях отечественных наработок в сочетании с зарубежным опытом.

Сразу несколько результатов составляют **научную новизну** работы. Это оценка внутри- и межбиогеоценотического варьирования состава атмосферных выпадений и почвенных вод в лесах на северном пределе их распространения в фоновой, буферной и импактной зонах на основе данных многолетнего мониторинга. Выявлены более высокие концентрации элементов в атмосферных выпадениях и почвенных водах в еловых лесах по сравнению с сосновыми и в подкروновых пространствах по сравнению с межкroновыми. Впервые показано, что подкroновые пространства ели в еловых лесах являются наиболее информативным элементом мозаики для ранней диагностики состояния северотаежных лесов. Впервые на основе регулярного мониторинга установлен рост концентраций никеля в атмосферных и почвенных водах в фоновых условиях в последние годы.

**Теоретическая и практическая значимость.** Полученные результаты углубляют понимание закономерностей и особенностей пространственной и временной изменчивости состава атмосферных выпадений и почвенных вод в бореальных лесных экосистемах, подверженных атмосферному техногенному загрязнению. Результаты полезны для совершенствования системы мониторинга лесных экосистем, а также верификации моделей для прогнозирования динамики лесных экосистем при совместном воздействии природных и антропогенных факторов.

Диссертационная работа изложена на 188 страницах текста, включая 56 таблиц и 29 рисунков, и состоит из введения, 6 глав, выводов, списка

литературы и приложения. Список литературы включает 157 наименований, из них 58 на английском языке.

В сжатом по объему, но ёмком литературном обзоре (Глава 1) рассматривается современное состояние проблемы атмосферного загрязнения лесных экосистем, организация программы ICP Forests, влияние растительности и аэротехногенного загрязнения на состав атмосферных выпадений и почвенных вод, диагностические показатели, критические уровни и нагрузки, определяющие негативное воздействие на экосистемы и их компоненты.

Во 2-ой главе охарактеризованы природные особенности Кольского полуострова, приведены сведения о составе и динамике выбросов основных загрязняющих веществ комбинатом «Североникель». Детально и четко изложены описания объектов и методов исследования, не оставляющие сомнений в достоверности и надежности экспериментальных данных.

Экспериментальная часть выгодно отличается большим, хорошо обработанным и логически увязанным материалом, включающим характеристику состава снеговых (Глава 3), дождевых (Глава 4) и почвенных (Глава 5) вод в хвойных лесах в условиях аэротехногенного загрязнения. Детально проанализировано варьирование концентраций и потоков элементов, прослежена многолетняя динамика концентраций тяжелых металлов и сульфатной серы, дано сравнение состава атмосферных и почвенных вод в хвойных лесах на внутри- и межбиогеоценотическом уровнях по градиенту загрязнения. Каждая глава работы завершается кратким изложением результатов, облегчающим восприятие материала.

В 6-ой главе проведено сравнение поступления и выноса Ni, Cu и сульфатной серы как основных поллютантов с их критическими нагрузками, взятыми из литературных источников, а также сравнение полученных экспериментальных характеристик почвенных вод с известными из литературы критическими уровнями химических индикаторов подкисления почв и насыщения их азотом.

Работа завершается заключением и выводами, суммирующими в сжатом виде результаты проведенных исследований.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.** Диссертационная работа Вячеслава Вячеславовича Ершова – это законченное оригинальное исследование, выполненное на хорошем научно-методическом уровне. Полученные автором результаты основаны на обширном фактическом материале и статистически обработаны. Выводы и защищаемые положения обоснованы и не вызывают сомнений.

Работа логически изложена, хорошо оформлена и содержит лишь немного технических погрешностей. Следует отметить, что по материалам диссертации опубликованы 17 работ, из них 6 статей в рецензируемых журналах из списков Scopus, Web of Science, RSCI Web of Science и еще 3 (всего 9) – в рецензируемых журналах из перечня ВАК.

Как и всякое большое исследование, диссертационная работа не лишена некоторых недостатков.

1) Уделяя значительное внимание почвенным водам, автор совершенно игнорирует собственно почвы, а ведь именно свойства почв в наибольшей степени определяют состав фильтрующихся сквозь них вод, миграцию и аккумуляцию элементов питания и поллютантов.

2) Получив сравнительно редкие оценки входных и выходных потоков элементов, автор, к сожалению, не сопоставляет их между собой. Сравнение поступления элементов с атмосферными выпадениями и выноса с лизиметрическими водами позволило бы оценить масштабы удержания поллютантов в почвах, пределы буферной емкости почв и вероятность загрязнения природных вод с ростом техногенной нагрузки.

3) Наибольшие нарекания вызывают попытки автора связать свои исследования с концепцией критических нагрузок.

В работе местами смешиваются понятия критических уровней, концентраций, пределов, нагрузок, с одной стороны, и объектов и времени,

для которых они оцениваются, с другой. В этой связи необходима коррекция названия 6-ой главы и затруднено понимание 7-ого вывода: «в атмосферных выпадениях обнаружено превышение уровня критических пределов тяжелых металлов до 5 раз, соединений серы до 2 раз и превышение критических пределов тяжелых металлов в почвенных водах до 3 раз». Что такое «критические пределы» – концентрации или нагрузки (выпадения)?

Критические нагрузки (выпадения) для почв и/или экосистем в стационарном состоянии оцениваются на основании критических уровней (концентраций или активностей ионов) в почвенных растворах. Сравнение реальных выпадений с критическими нагрузками позволяет выявить их превышения и определить ожидаемые риски. Сравнение выноса поллютантов почвенными водами в реальном масштабе времени с критическими нагрузками не имеет смысла, поскольку система находится в нестационарном состоянии (в частности, не учитываются буферные свойства почв). Кроме того, выбранная для сравнения величина критической нагрузки никеля не соответствуют указанному литературному источнику: для Кольского полуострова авторами приведена на порядок большая величина ( $>120$  г Ni/га в год, Reinds et al., 2006).

Таким образом, терминологическая путаница, несоответствие выбранного значения критической нагрузки никеля приведенному для бореальных лесов в литературном источнике, неуместность сравнения критических нагрузок с величинами выноса металлов с почвенными водами делают эту главу выпадающей из общего контекста работы, которая в целом представляет ценные результаты и с научной, и с прикладной точек зрения.

4) В диссертации не приведены функции эмпирических трендов, что в значительной степени обесценивает их значимость для других исследователей. Следует либо приводить подобранные модели трендов, либо оставлять на рисунках только экспериментальные точки.

5) В работе встречаются неудачные выражения: «...что часто называют насыщением азота» (а не азотом, стр. 160); «Для определения превышения критических нагрузок ... целесообразно использовать

